

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-349920

(43) 公開日 平成6年(1994)12月22日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 1 L 21/66

識別記号

庁内整理番号

L 7630-4M

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 2 F D (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平5-164144

(22) 出願日 平成5年(1993)6月8日

(71) 出願人 000207551

大日本スクリーン製造株式会社

京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1

(72) 発明者 平得 貞雄

京都市伏見区羽東師古川町322番地 大日本スクリーン製造株式会社洛西工場内

(72) 発明者 河野 元宏

京都市伏見区羽東師古川町322番地 大日本スクリーン製造株式会社洛西工場内

(72) 発明者 松原 英明

京都市伏見区羽東師古川町322番地 大日本スクリーン製造株式会社洛西工場内

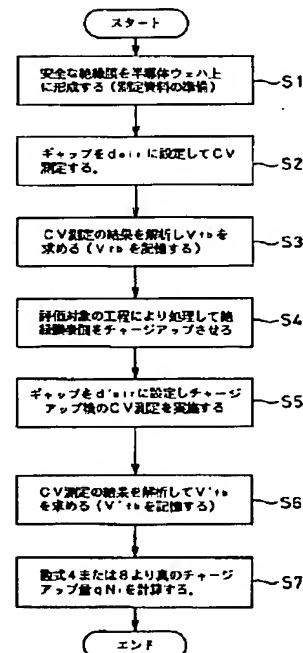
(74) 代理人 弁理士 下出 隆史 (外1名)

(54) 【発明の名称】 半導体ウェハの電荷量測定方法

(57) 【要約】

【目的】 半導体ウェハの表面付近に蓄積される電荷量を測定する。

【構成】 非接触C-V測定装置を用いて、チャージアップ前後のフラットバンドを測定する。この際、非接触C-V測定装置の測定用電極と、半導体ウェハの表面との間のギャップも測定する。蓄積された電荷量は、チャージアップ前後のフラットバンド電圧の測定値と、ギャップの測定値とに基づいて算出される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体ウェハに対する所定の処理において、半導体ウェハ表面の絶縁膜に蓄積される電荷量を測定する方法であって、

(A) 前記所定の処理前の半導体ウェハについてC-V測定を行なうことによって、第1のフラットバンド電圧を求める工程と、

(B) 前記半導体ウェハに前記所定の処理を行なう工程と、

(C) 前記所定の処理後の前記半導体ウェハについてC-V測定を行なうことによって、第2のフラットバンド電圧を求める工程と、

(D) 前記第1と第2のフラットバンド電圧に基づいて前記所定の処理により前記絶縁膜に蓄積された電荷量を算出する工程と、

を備える半導体ウェハの電荷量測定方法。

【請求項2】 請求項1記載の半導体ウェハの電荷量測定方法であって、

C-V測定を行なうための測定用電極と、該測定用電極を半導体ウェハの表面の上方にギャップを隔てて保持する透光性の電極保持部材と、該電極保持部材の所定の反射面に対して所定の単色光を幾何学的な全反射条件で入射させる単色光発生器と、前記反射面によって反射された単色光の強度を測定するセンサと、該センサで測定された前記単色光の強度に基づいて前記ギャップを測定するギャップ測定器と、前記測定用電極を用いて半導体ウェハのC-V曲線を測定するC-V測定器と、前記電極保持部材と前記単色光発生器と前記センサとを前記ギャップの増減方向に沿って前記半導体ウェハと相対的に移動させる駆動部と、を備えた非接触C-V測定装置を、工程(A)および工程(C)において用い、

前記工程(A)は、前記ギャップ測定器で前記半導体ウェハの表面と前記測定用電極との間の第1のギャップを測定する工程と、前記C-V測定器でC-V測定を行なうことによって第1のフラットバンド電圧を測定する工程とを含み、

前記工程(C)は、前記ギャップ測定器で前記半導体ウェハの表面と前記測定用電極との間の第2のギャップを測定する工程と、前記C-V測定器でC-V測定を行なうことによって第2のフラットバンド電圧を測定する工程とを含み、

工程(D)は、前記第1および第2のギャップと前記第1および第2のフラットバンド電圧とに基づいて絶縁膜に蓄積された電荷量を算出する工程を含む、半導体ウェハの電荷量測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、半導体ウェハの電荷量を測定する方法に関し、特に、処理工程において絶縁膜中に蓄積された電荷量を測定する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体の製造工程の中で、イオン注入、薄膜堆積(プラズマCVD)などの不純物導入工程や、エッチングやレジストの除去等に用いられるプラズマ処理工程においては、半導体ウェハが荷電粒子に曝されてウェハの表面付近、特に、その絶縁膜中に電荷が蓄積されることが知られている。また、洗浄工程においては、半導体ウェハの表面と気体や液体との摩擦によってウェハの表面が帯電する。

10 【0003】半導体ウェハの表面付近における過剰な電荷の蓄積は高電界をもたらすので、半導体素子の構造を破壊したり素子特性を悪化させたりする原因となり、ひいては半導体製造の歩留まりを低下させる原因となっている。しかし、同じ処理工程であっても、個々の処理装置によってウェハ中に蓄積される電荷量(以下、「チャージアップ量」と呼ぶ)がかなり異なる。すなわち、調整の良い装置ではチャージアップ量が少なく、調整の悪い装置ではチャージアップ量が多い。そこで、処理装置の調整の良否を判定するために、半導体ウェハに蓄積された電荷量を評価したいという要望がある。

【0004】従来は、専用のプローブを被測定ウェハに接触させ、あるいは近接させてウェハの表面電位を計測し、表面電位の大小によってチャージアップ量を評価していた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、表面電位からは単位面積当たりのチャージアップ量を算出することができず、表面電位はチャージアップ量の目安を示す単なる指標に過ぎないものであった。すなわち、従来は、半導体ウェハのチャージアップ量そのものを測定する方法が知られていなかった。

【0006】この発明は、従来技術における上述の課題を解決するためになされたものであり、半導体ウェハの表面付近に蓄積される電荷量を測定することのできる方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段および作用】この発明による方法は、半導体ウェハに対する所定の処理において、半導体ウェハ表面の絶縁膜に蓄積される電荷量を測定する方法であって、(A)前記所定の処理前の半導体ウェハについてC-V測定を行なうことによって、第1のフラットバンド電圧を求める工程と、(B)前記半導体ウェハに前記所定の処理を行なう工程と、(C)前記所定の処理後の前記半導体ウェハについてC-V測定を行なうことによって、第2のフラットバンド電圧を求める工程と、(D)前記第1と第2のフラットバンド電圧に基づいて前記所定の処理により前記絶縁膜に蓄積された電荷量を算出する工程と、を備える。

【0008】フラットバンド電圧は半導体ウェハの表面付近における電荷量の分布を積分した成分を含むので、

所定の処理前後の第1と第2のフラットバンド電圧を分析すれば、所定の処理によって半導体ウェハの表面付近に蓄積された電荷量を求めることができる。

【0009】なお、C-V測定を行なうための測定用電極と、該測定用電極を半導体ウェハの表面の上方にギャップを隔てて保持する透光性の電極保持部材と、該電極保持部材の所定の反射面に対して所定の単色光を幾何学的な全反射条件で入射させる単色光発生器と、前記反射面によって反射された単色光の強度を測定するセンサと、該センサで測定された前記単色光の強度に基づいて前記ギャップを測定するギャップ測定器と、前記測定用電極を用いて半導体ウェハのC-V曲線を測定するC-V測定器と、前記電極保持部材と前記単色光発生器と前記センサとを前記ギャップの増減方向に沿って前記半導体ウェハと相対的に移動させる駆動部と、を備えた非接触C-V測定装置を、工程(A)および工程(C)において用いることが好ましい。この際、前記工程(A)は、前記ギャップ測定器で前記半導体ウェハの表面と前記測定用電極との間の第1のギャップを測定する工程と、前記C-V測定器でC-V測定を行なうことによ

って第1のフラットバンド電圧を測定する工程とを含み、前記工程(C)は、前記ギャップ測定器で前記半導体ウェハの表面と前記測定用電極との間の第2のギャップを測定する工程と、前記C-V測定器でC-V測定を行なうことによって第2のフラットバンド電圧を測定する工程とを含み、工程(D)は、前記第1および第2のギャップと前記第1および第2のフラットバンド電圧とに基づいて絶縁膜に蓄積された電荷量を算出する工程を含む。

【0010】非接触C-V測定装置を用いれば、ウェハ表面に電極を形成する必要が無いのでC-V測定を容易に行なうことができる。なお、半導体ウェハの表面と測定用電極との間のギャップによるフラットバンド電圧への寄与分を算出できるので、所定の処理前後における第1と第2のギャップの値が互いに等しい場合にも、また、互いに異なる場合にも、前記第1および第2のギャップと前記第1および第2のフラットバンド電圧とに基づいて絶縁膜に蓄積された電荷量を算出することができる。

【0011】

【実施例】A. 装置の構成：図1は、非接触C-V測定装置の構成を示す概念図である。この非接触C-V測定装置は、固定台1と、固定台1の下部に設置された圧電アクチュエータ2と、圧電アクチュエータ2のさらに下部に設置された架台3とを備えている。架台3の底面にはプリズム4が設置されている。また、架台3の一方の斜面にはGaAsレーザなどのレーザ発生器5が固定され、他方の斜面にはフォトダイオードなどの受光センサ6が固定されている。

【0012】プリズム4の底面4aは、半導体ウェハ100を載置する試料台7の表面と平行な平面(xy平面)に平行に設置されている。プリズム4の底面4aには、リング状の測定用電極201が形成されている。プリズム4の下方には、ギャップGを介して半導体ウェハ100が試料台7上に保持されており、半導体ウェハ100の表面100aがプリズム4の底面4aとほぼ平行になるように設定されている。なお、試料台7は、図示しないモータで駆動されて水平面内で回転し、また、図示しない移動テーブル上に載置されて移動する。

【0013】この非接触C-V測定装置では、特開平4-132236号公報に詳述されているように、プリズム4の底面4aで全反射されるレーザ光のトンネル効果を利用することによって、ギャップGおよびdairの値が測定される。

【0014】圧電アクチュエータ2には位置制御装置11が接続されており、位置制御装置11から与えられる電圧に応じて架台3をz方向に移動させる。受光センサ6には光量測定器12が接続され、測定用電極201と金属製の試料台7にはインピーダンスメータ13がそれぞれ接続されている。インピーダンスメータ13は、測定用電極201と試料台7との間の合成容量を測定する機器である。位置制御装置11と光量測定器12とインピーダンスメータ13は、ホストコントローラ14に接続されており、このホストコントローラ14によって測定装置全体の制御や、得られたデータの処理が行なわれる。なお、ホストコントローラ14としては、例えばパーソナルコンピュータが用いられる。

【0015】B. 半導体の電荷分布とフラットバンド電圧との関係：図2は、半導体表面の酸化膜付近における電荷分布を示すグラフである。図2(A)は、基板101と、厚みd<sub>ox</sub>の酸化膜102とを有する半導体ウェハ100の表面から、ギャップd<sub>air</sub>を隔てて測定用電極201が保持されている様子を示している。また、図2(B)において、水平軸は半導体基板101と酸化膜102の界面からの距離を示しており、垂直軸は電荷密度を示している。ρ(x)は所定の処理前の電荷密度分布の一例であり、N<sub>i</sub>は所定の処理によって蓄積された電荷密度分布の一例である。

【0016】図2において、ギャップd<sub>air</sub>はε<sub>ox</sub>×d<sub>air</sub>の厚みの酸化膜と見なすことができるので、図2(A)の構造は(ε<sub>ox</sub>×d<sub>air</sub>+d<sub>ox</sub>)の厚みの酸化膜を有したMOSキャパシタと考えることができる。図3に示すC-V曲線CV1は、チャージアップ前後(すなわち、所定の処理前後)のC-V曲線を示すグラフである。C-V曲線CV1に対するV<sub>f</sub>bは、次の数式1で表わされる。

【数1】

$$V_{fb} = \Phi_{ms} - \frac{1}{\epsilon_0 \epsilon_{ox}} \int_0^{d_{ox} + d_{air}} (d_{ox} + \epsilon_{ox} d_{air} - x) \rho(x) dx$$

ここで $\Phi_{ms}$ は測定用電極201と半導体基板101の仕事関数差、 $\epsilon_0$ は真空中の誘電率、 $\epsilon_{ox}$ は絶縁膜の比誘電率、 $d_{ox}$ は絶縁膜の厚さ、 $d_{air}$ はギャップ、 $\rho(x)$ は絶縁膜中の電荷密度分布を表す。

【0017】所定の処理工程において荷電粒子が半導体ウェハに照射されてチャージアップすると、図2(B)において電荷分布 $N_i$ として示されるように、半導体基板/酸化膜界面から距離( $d_{ox} - R_p$ )の位置を中心として電荷が蓄積される。ここで、 $R_p$ は投影飛程と呼ばれる値であり、酸化膜中に導入される電荷の侵入深さ(正確には表面から電荷中心までの距離)を示している。投影飛程 $R_p$ は、荷電粒子の種類と加速電圧とから\*

\*理論的に算出することができる。例えば $As^+$ イオンを50KeVで加速してシリコン酸化膜に打ち込む場合には、投影飛程 $R_p$ は26nmとなることが知られている。また、電荷分布 $N_i$ は投影飛程 $R_p$ を電荷中心として、標準偏差 $\Delta R_p$ を有するガウス分布となることがLSS理論として知られている。

【0018】図3に示すC-V曲線CV2は、酸化膜が負に帯電した場合のチャージアップ後のC-V曲線である。このC-V曲線CV2から得られるフラットバンド電圧 $V'_{fb}$ は、次の数式2で与えられる。

【数2】

$$V'_{fb} = \Phi_{ms} - \frac{1}{\epsilon_0 \epsilon_{ox}} \int_0^{d_{ox} + d_{air}} (d_{ox} + \epsilon_{ox} d_{air} - x) \times \{ \rho(x) + q N_i(x + R_p - d_{ox}) \} dx$$

ここで $q$ は電気素量である。また、 $N_i$ はイオン注入により蓄積した電荷の分布であり、その関数形 $N_i(y)$ ※

※は次の数式3に示すようにガウス分布で与えられる。

【数3】

$$N_i(y) = \frac{N_i}{(2\pi)^{1/2} \Delta R_p} \exp \left\{ -\frac{(y - R_p)^2}{2 \Delta R_p^2} \right\}$$

なお、数式2では、 $y = x + R_p - d_{ox}$ である。

【0019】投影飛程の標準偏差 $\Delta R_p$ が数nm程度であれば、ギャップ $d_{air}$ や絶縁膜厚 $d_{ox}$ と比べて $\Delta R_p$ を無視できるので、酸化膜表面から投影飛程 $R_p$ の位置( $x = d_{ox} - R_p$ )に電荷が局在していると見なすことができる。この時の電荷量を以下では単に $N_i$ とする。

【0020】C. ギャップが一定の場合の測定方法：チャージアップの前後のC-V測定におけるギャップ $d_{air}$ が一定の場合には、数式1、2よりフラットバンド電圧のシフト量 $\Delta V_{fb} = V'_{fb} - V_{fb}$ は、次の数式4で与えられる。

【数4】

$$\Delta V_{fb} = - \frac{R_p + \epsilon_{ox} d_{air}}{\epsilon_0 \epsilon_{ox}} q N_i$$

【0021】数式4において、 $R_p$ 、 $\epsilon_0$ 、 $\epsilon_{ox}$ は既知なので、測定されたフラットバンド電圧のシフト量 $\Delta V_{fb}$ とギャップ $d_{air}$ から、数式4を用いてチャージアップ量 $q N_i$ を求めることができる。

【0022】なお、数式4によれば、フラットバンド電圧のシフト量 $\Delta V_{fb}$ がギャップ $d_{air}$ に対して直線的に変化する。従って、同じチャージアップ量 $q N_i$ でも、ギャップ $d_{air}$ を小さくするとフラットバンド電圧のシフト量 $\Delta V_{fb}$ の絶対値は小さくなる。反対に、ギャップ $d_{air}$ を大きくするとシフト量 $\Delta V_{fb}$ の絶対値は大きく

なり、測定精度が向上する。

【0023】なお、計測できるフラットバンド電圧 $V_{fb}$ のシフト量 $\Delta V_{fb}$ の大きさは、外部電源の最大電圧または電圧測定器の最大電圧以上にはできないので、チャージアップ量 $q N_i$ が多くなるとチャージアップ後のフラットバンド電圧を測定できない場合もある。従って、チャージアップ量 $q N_i$ が多い場合には、測定用電極201をウェハに十分近づけてC-V測定を行なえばよい。例えば、酸化膜102が、 $N_i = 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ 、 $R_p = 0$ の状態に負に帯電したと仮定し、また、外部電源の最大電圧レンジを100Vと仮定した場合に、ギャップ $d_{air}$ を250nmに設定すると、フラットバンド電圧のシフト量 $\Delta V_{fb}$ は約452Vとなる。しかし、ギャップ $d_{air}$ を50nmに設定すれば、シフト量 $\Delta V_{fb}$ は90.4V程度となる。測定レンジの最大電圧が例えば100Vの場合にも、ギャップ $d_{air}$ を50nmに設定すれば測定可能となる。このように、この発明では、ギャップ $d_{air}$ を調整することによって測定できるフラットバンド電圧のレンジを変えることが可能であるという利点がある。なお、数式4を用いてチャージアップ量を測定する場合には、チャージアップ前後の計測におけるギャップ $d_{air}$ が一定になるように調整する必要がある。

【0024】D. ギャップが異なる場合の測定方法：チャージアップの前後の計測におけるギャップ $d_{air}$ が異

なる場合にも、以下のようにすればチャージアップ量  $q N_i$  を求めることができる。

【0025】酸化膜中の電荷がすべて半導体基板/酸化膜界面に集中していると見なしてその見かけの電荷量  $q N_{fb}$  を用いると、チャージアップ前のフラットバンド電圧  $V_{fb}$  を与える数式1は、次の数式5のように書き換えることができる。

【数5】

$$V_{fb} = \Phi_{ms} - \frac{q N_{fb}}{\epsilon_0 \epsilon_{ox}} (d_{ox} + \epsilon_{ox} d'_{air})$$

【0026】同様に、半導体基板/酸化膜界面の見かけの電荷量  $q N'_{fb}$  を用いると、チャージアップ後のフラット

$$V'_{fb} = \Phi_{ms} - \frac{q}{\epsilon_0 \epsilon_{ox}} \{ (R_p + \epsilon_{ox} d'_{air}) N_i + (d_{ox} + \epsilon_{ox} d'_{air}) N_{fb} \}$$

ここで、 $(R_p + \epsilon_{ox} d'_{air})$  は、チャージアップされた電荷の中心位置から測定用電極201までの距離を、酸化膜の厚さに換算した値である(図2(B)参照)。ただし、投影飛程の標準偏差  $\Delta R_p$  は0としている。

【0028】数式6、7からフラットバンド電圧  $V'_{fb}$  を消去すると、チャージアップ量  $q N_i$  が次の数式8で与えられる。

【数8】

$$q N_i = q \frac{d_{ox} + \epsilon_{ox} d'_{air}}{R_p + \epsilon_{ox} d'_{air}} (N'_{fb} - N_{fb})$$

【0029】チャージアップ前後のフラットバンド電圧  $V_{fb}$ 、 $V'_{fb}$  とギャップ  $d_{air}$ 、 $d'_{air}$  を測定すれば、数式5および6から、見かけの電荷量  $q N_{fb}$ 、 $q N'_{fb}$  をそれぞれ算出できる。そして、 $N_{fb}$ 、 $N'_{fb}$  の値を数式8に代入すればチャージアップ量  $q N_i$  を求めることができる。数式5、6におけるギャップ  $d_{air}$ 、 $d'_{air}$  は等しくなくてもよいので、チャージアップ前後におけるギャップが異なる場合には、数式8を用いてチャージアップ量  $q N_i$  を求めることが可能である。

【0030】E. 測定方法と測定例：図4は、本発明の実施例における測定方法を示すフローチャートである。ステップS1では、熱酸化、化学気相成長(CVD)法等によって電気的、化学的に安定な絶縁膜を半導体ウェハ上に形成する。ステップS2では、この半導体ウェハを、図1に示す非接触C-V測定装置にセットしてC-V測定を実施し、チャージアップ前のフラットバンド電圧  $V_{fb}$  を求める。この時、測定用電極201と酸化膜102のギャップ  $d_{air}$  は所定の値に設定される。ただし、ギャップ  $d_{air}$  の正確な値は、プリズム4の底面4aで全反射されるレーザ光のトンネル効果を利用して測定される。ステップS3では、ホストコントローラ14がC-V曲線を解析してフラットバンド電圧  $V_{fb}$  を求める。フラットバンド電圧  $V_{fb}$  の値は、ホストコントローラ14内のメモリに記憶される。

【0031】ステップS4では、非接触C-V測定装置から半導体ウェハを取り外して、評価対象とする処理

\* フラットバンド電圧  $V'_{fb}$  を与える数式2は、次の数式6のように書き換えることができる。

【数6】

$$V'_{fb} = \Phi_{ms} - \frac{q N'_{fb}}{\epsilon_0 \epsilon_{ox}} (d_{ox} + \epsilon_{ox} d'_{air})$$

【0027】数式6における見かけの電荷量  $q N'_{fb}$  は、数式5における見かけの電荷量  $q N_{fb}$  とチャージアップされた電荷量  $q N_i$  とが加算されたものである。従って、数式6はさらに次の数式7のように書き換えられる。

【数7】

(イオン注入処理やプラズマ処理)をその半導体ウェハに施すことにより、絶縁膜102をチャージアップさせる。ステップS5では、チャージアップ後の半導体ウェハに対してC-V測定を実施する。ステップS6では、ホストコントローラ14がC-V曲線を解析してチャージアップ後のフラットバンド電圧  $V'_{fb}$  を求める。

【0032】ステップS7では、チャージアップ前後のフラットバンド電圧  $V_{fb}$ 、 $V'_{fb}$  とギャップ  $d_{air}$ 、 $d'_{air}$  から、上記の数式4または数式8を用いてチャージアップ量  $q N_i$  を求める。

【0033】F. 実験例1、2：実験例1、2として、レジスト除去工程で使用されるプラズマチャンバにおいて、プラズマを半導体ウェハに照射した場合のチャージアップ量の測定結果について説明する。図5は、プラズマチャンバ20内に収納された半導体ウェハを示す概念図である。図5(A)に示す実験例では複数枚の半導体ウェハ100を4.8mm間隔でポート22上に収納しており、図5(B)に示す実験例では複数枚の半導体ウェハ110を14.3mm間隔で収納している。半導体ウェハ100、110は、それぞれ約110nmの酸化膜で被覆されている。なお、以下では、図5(A)、

(B)の配置でプラズマを照射した実験例をそれぞれ実験例1、実験例2と呼ぶ。

【0034】プラズマの照射前に、供試体となる半導体ウェハ100、110を1枚ずつ選んでC-V測定を行ない、見かけの表面電荷量  $N_{fb}$  をそれぞれ測定した。この際、ギャップ  $d_{air}$  はいずれも334nmに設定した。実験例1におけるウェハ100の見かけの表面電荷量  $N_{fb}$  の平均値は  $2.9 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ 、分散  $\sigma$  は  $1.9 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$  であった。実験例2におけるウェハの見かけの表面電荷量  $N_{fb}$  の平均値は  $3.8 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ 、分散  $\sigma$  は  $1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$  であった。

【0035】次に、図5(A)、(B)に示すように、半導体ウェハ100、110をそれぞれプラズマチャンバ20内に収納し、13.56MHzの高周波電力600Wと、2.45GHzのマイクロ波電力300Wを印

加して、酸素プラズマを10分間照射した。その後、供試体である半導体ウェハ100、110をプラズマチャンバ20から取り出して、再びC-V測定を行なった。なお、実験例1ではギャップ $d'_{air}$ を348nmに設定し、実験例2ではギャップ $d'_{air}$ を342nmに設定した。実験例1、2では、チャージアップ前後のギャップ $d_{air}$ 、 $d'_{air}$ の値が異なるので、前述した数式8を用いてチャージアップ量 $q_{Ni}$ を算出した。なお、この際、プラズマチャンバ20における高周波プラズマ条件から、投影飛程 $R_p$ を5nmとした。

【0036】図6は、実験例1、2において測定された半導体ウェハ上のチャージアップ量の分布を示すグラフである。実験例1の結果ではほぼ均一にわずかに負にチャージアップしており、実験例2の結果ではウェハの中央では負にチャージアップし、ウェハの端で正にチャージアップしている。この実施例では非接触C-V測定装置を用いて測定を行なっているため、ウェハ上の測定位置を移動させることによって、チャージアップ量の分布を容易に求めることができるという利点がある。

【0037】G. 実験例3：実験例3として、ウェハの洗浄及び乾燥工程におけるシリコンウェハ表面のチャージアップ量を測定した。図7は、実験例3におけるチャージアップ量を示すグラフである。シリコン酸化膜の表面は親水性なので、比抵抗が $1.8M\Omega\cdot cm$ 以上の超純水を散布するとその表面が簡単に負にチャージアップする。また、気体との摩擦によってもシリコン酸化膜表面がチャージアップする。そこで、実験例3では、図7に示すように、スピン乾燥、純水フローリンス、純水ノズル洗浄、の3つの工程におけるそれぞれのチャージアップ量を測定した。スピン乾燥では、高純度に濾過された空気中でウェハを5分間、高速回転(750rpm)して乾燥させた。純水フロー洗浄工程では純水流量を1リットル/分、純水ノズル洗浄工程においては純水流量を5リットル/分とした。これらの3つの場合には、酸化膜表面のみがチャージアップされると考えられるので投影飛程 $R_p$ はいずれも0としている。このように、この発明によれば、酸化膜の表面におけるチャージアップ量も測定することが可能である。

【0038】なお、この発明は上記実施例に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様において実施することが可能であり、例えば次のような変形も可能である。

【0039】(1) 図8(A)に示すように、電極201の下表面に絶縁膜230を形成したものを準備し、これを図8(B)に示すように半導体の絶縁膜102の上に押しつけた状態でC-V測定を行なっても良い。この場合には、数式4におけるギャップの項 $\epsilon_{oxdair}$ の代わりに、電極201下の絶縁膜230の厚み $d_{in}$ を半導体ウェハの絶縁膜102の厚みに換算した値を代入すればよい。特に、2つの絶縁膜230、102が同じ材質

の場合には、数式4における $\epsilon_{oxdair}$ の代わりに $d_{in}$ を代入すればよい。このようにすれば、絶縁膜230付きの電極201を半導体表面に押しつけるだけでよいので測定の準備が簡単であり、従って、全体としてより短時間で測定することができるという利点がある。

【0040】(2) この発明は、基板表面に形成された絶縁膜中のチャージアップ量を測定する場合に限らず、一般に、半導体の導電層の表面に形成された絶縁膜中のチャージアップ量を測定する場合に適用できる。例えば、SOI構造を有する半導体ウェハに対しても適用可能である。

【0041】(3) 上記実施例では、半導体ウェハ表面の酸化膜102と測定用電極201との間にギャップを設けてC-V測定を行なっていたが、チャージされた電荷が酸化膜102中に存在する場合(上記の実験例1、2の場合)には、測定用電極201を酸化膜102の表面に接触させてもよい。すなわち、非接触C-V測定装置を用いる必要はないが、測定用電極201を酸化膜102の表面に接触させることは、上述した非接触C-V測定装置によっても容易に実行することができる。

【0042】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の請求項1に記載した測定方法によれば、所定の処理前後の第1と第2のフラットバンド電圧に基づいて半導体ウェハの表面付近に蓄積された電荷量を求めることができるという効果がある。

【0043】また、請求項2に記載した測定方法によれば、非接触C-V測定装置を用いており、ウェハ表面に電極を形成する必要が無いのでC-V測定を容易に行なうことができる。また、半導体ウェハの表面と測定用電極との間のギャップによるフラットバンド電圧への寄与分を算出できるので、所定の処理前後における第1と第2のギャップの値が互いに等しい場合にも、また、互いに異なる場合にも、前記第1および第2のギャップと前記第1および第2のフラットバンド電圧とに基づいて絶縁膜に蓄積された電荷量を算出することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】非接触C-V測定装置の構成を示す概念図。

【図2】半導体表面の酸化膜付近における電荷分布を示すグラフ。

【図3】チャージアップ前後のC-V曲線を示すグラフ。

【図4】本発明の実施例における測定方法を示すフローチャート。

【図5】プラズマチャンバ20内に収納された半導体ウェハを示す概念図。

【図6】実験例1、2において測定された半導体ウェハ上のチャージアップ量の分布を示すグラフ。

【図7】実験例3におけるチャージアップ量を示すグラ

フ。

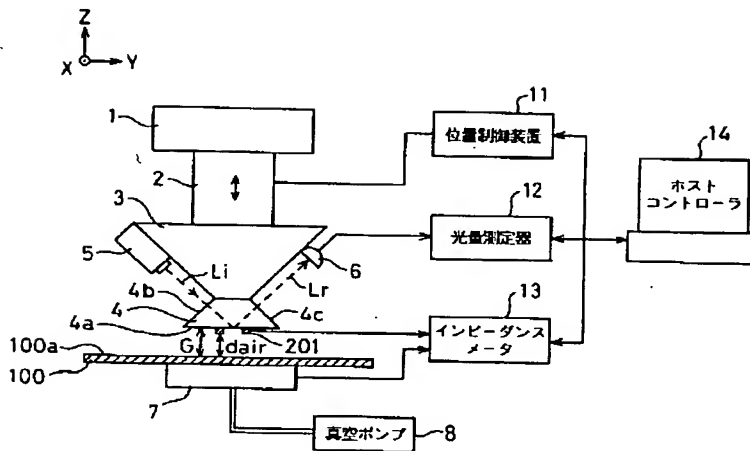
【図8】この発明を適用した測定の方法を示す説明図。

【符号の説明】

- 1…固定台
- 2…圧電アクチュエータ
- 3…架台
- 4…プリズム
- 4a…底面
- 5…レーザ発振器
- 6…受光センサ
- 7…試料台
- 11…位置制御装置
- 12…光量測定器
- 13…インピーダンスメータ

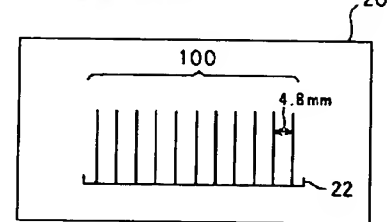
- \* 14…ホストコントローラ
- 20…プラズマチャンバ
- 22…ポート
- 100, 110…半導体ウェハ
- 101…半導体基板
- 102…酸化膜
- 201…測定用電極
- 230…絶縁膜
- G…ギャップ
- 10 Nfb…見かけの表面電荷量
- Ni…蓄積電荷量
- Rp…投影飛程
- Vfb…フラットバンド電圧
- dair…ギャップ
- \* dox…絶縁膜厚

【図1】

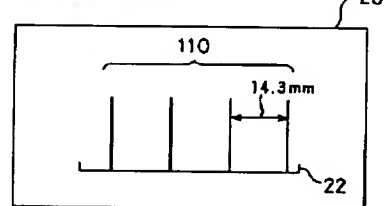


【図5】

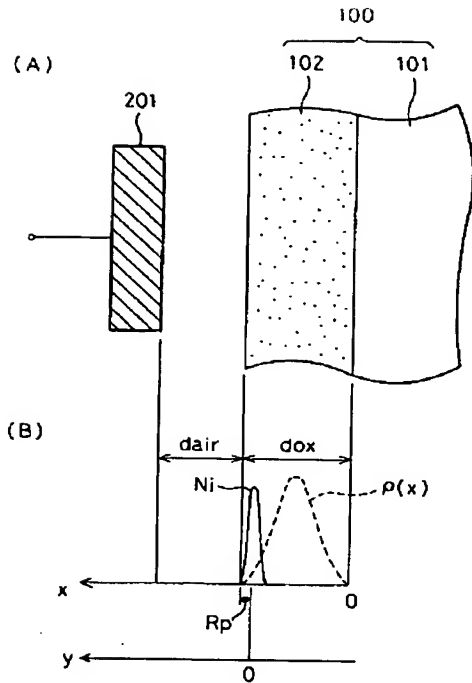
(A) 実験例1の配置



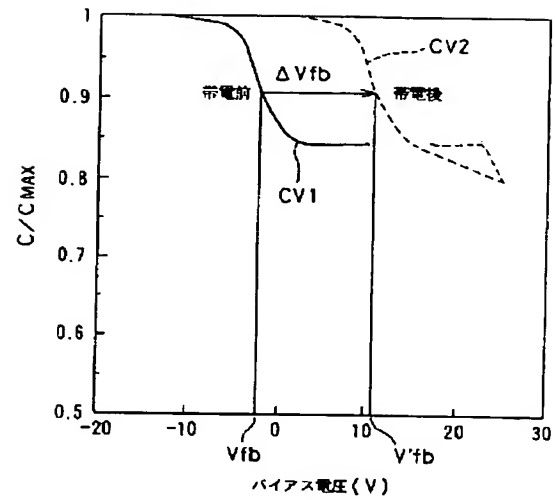
(B) 実験例2の配置



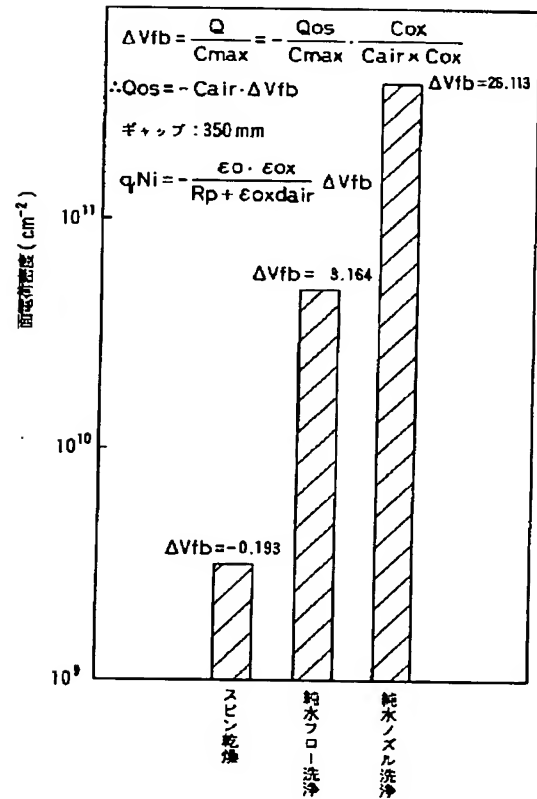
【図2】



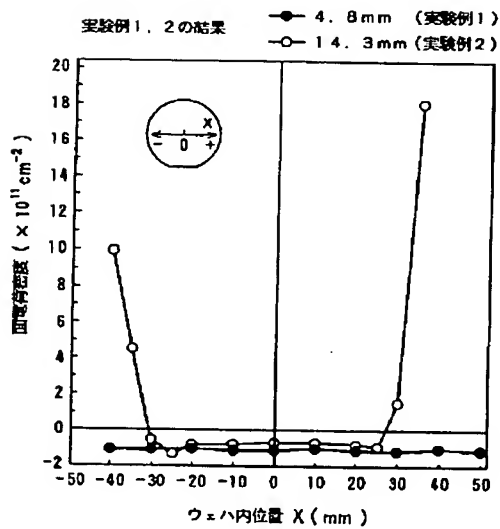
【図3】



【図7】

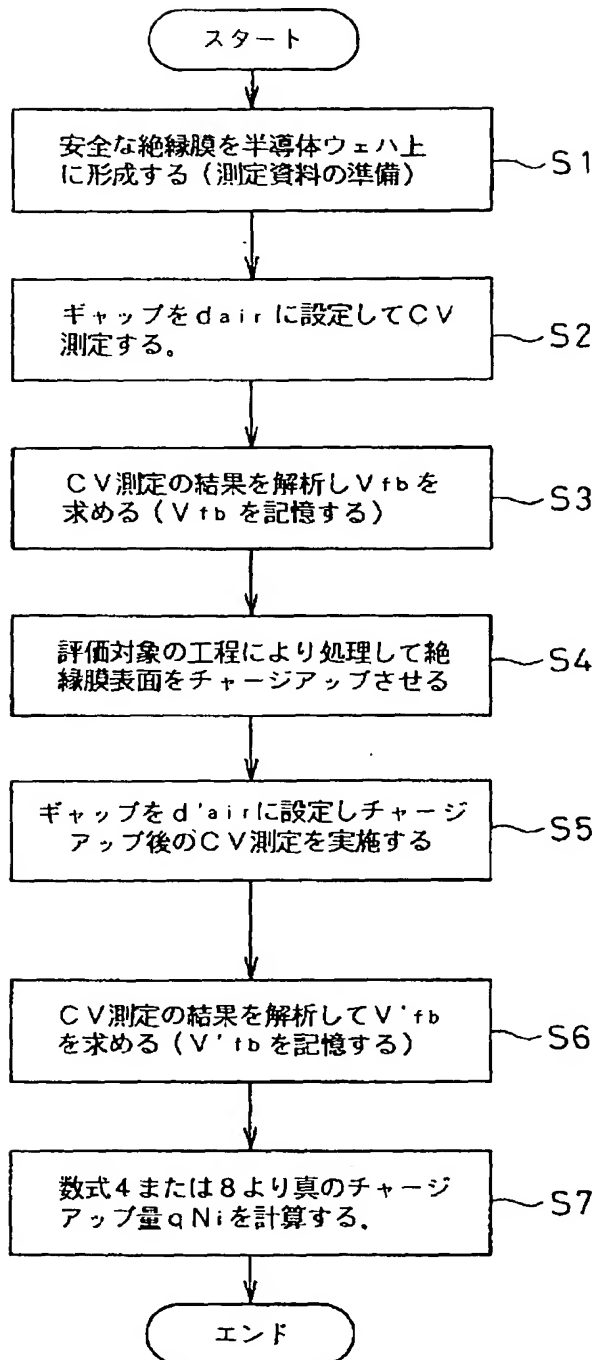


【図6】





【図4】



【図8】

